

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМИ FUSION 360 ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕЯКИХ КОМПОНЕНТІВ РІДКОПАЛИВНОГО ДВИГУНА

Грубич Марія, асистент

mariya.grubich@gmail.com, ORCID: 0009 0003-9056-3826

Кудряшов Я.С., студент, ІАТ

yakbrofunt@gmail.com

Мартиненко П.О., студент, ІАТ

pavelmartinenko205@gmail.com

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація. У статті розглянуто алгоритм побудови 3D моделі компонентів реактивного двигуна, з наведенням необхідних для побудови команд у програмі Fusion 360 та поясненням принципу їх роботи. Також окрему увагу приділено аналізу частини механізму об'єкта, що моделюється, оскільки розуміння його функціонального призначення є важливою складовою коректного просторового відтворення. Матеріал буде корисним для фахівців і студентів, які займаються 3D-моделюванням інженерних об'єктів.

Ключові слова. Fusion 360, 3D моделювання, двигун, Revolve, Circular Pattern, Fillet, алгоритм побудови.

Постановка проблеми. У сучасній інженерній практиці стрімко розвиваються технології 3D-моделювання та 3D-друку, які суттєво прискорюють, спрощують та автоматизують виробничі процеси. Завдяки цим технологіям стало можливим створення моделей об'єктів будь-якого рівня складності. У процесі навчання та професійної підготовки фахівців інженерного профілю виникає необхідність не лише в теоретичному вивченні принципів роботи складних технічних систем, зокрема реактивних двигунів, але й у візуалізації їх конструкції за допомогою сучасних засобів комп'ютерного моделювання. Однак на практиці майбутні інженери часто стикаються з труднощами при створенні 3D-моделей технічних об'єктів у CAD-середовищах, особливо таких як Fusion 360, що потребує розуміння як інструментарію програми, так і функціональних особливостей об'єкта, що моделюється.

Аналіз нещодавніх досліджень. Питання тривимірного моделювання інженерних об'єктів є предметом численних наукових та прикладних досліджень. У працях низки авторів розглядаються

особливості використання САПР-систем для створення технічних моделей різної складності, зокрема у сфері машинобудування та авіаційної техніки. Дослідники акцентують увагу на важливості поетапного проєктування, врахування технологічних допусків і взаємодії компонентів у складальних одиницях. Окрему нішу займають публікації, присвячені роботі у програмному середовищі Fusion 360, яке вирізняється інтуїтивним інтерфейсом, широким функціоналом та можливістю інтеграції з хмарними сервісами.

Формулювання цілей статті. Мета публікації – продемонструвати алгоритм побудови тривимірної моделі компонентів реактивного двигуна в середовищі Fusion 360 із поясненням принципу роботи застосованих команд.

Основна частина. Моделювання реактивного двигуна, як і будь-якого іншого об'єкта у 3D, починається з аналізу його геометричної форми. Використовуючи креслення, аналізуємо геометричну форму профіля камери згоряння та сопла (рис. 1, а), далі відтворюємо за наявними розмірами їх півконтур (рис. 1, б). Використовуючи команду «Revolve», виконуємо обертання створеного півконтура навколо осі симетрії, та отримуємо тривимірну об'ємну фігуру (рис. 1, в).

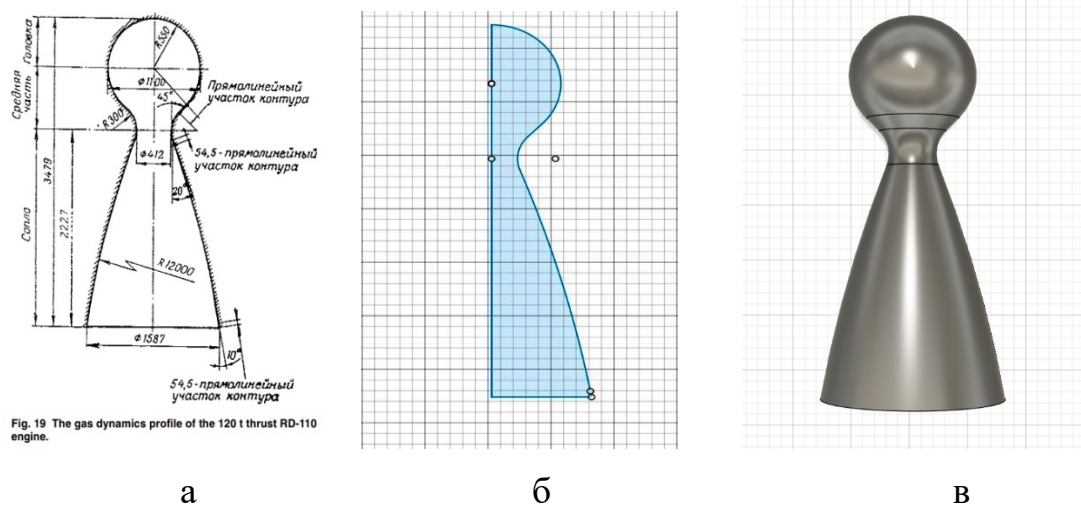


Рис. 1. Послідовність створення 3D-моделі камери згоряння: а – кресленик профіля; б – півконтур камери згоряння та сопла двигуна; в – фігура, отримана в результаті обертання

Після чого додаємо на отриману фігуру 18 інжекторних дисків орієнтуючись на кресленик (рис. 2, а). Розташовуємо 12 рівновіддалених один від одного дисків на нижньому рівні, та 6 дисків на верхньому рівні. Далі додаємо охолоджувальні труби на горловини (рис.2, б). Розташування елементів, рівновіддалених один від одного уздовж кола, здійснюється за допомогою команди «Circular Pattern».

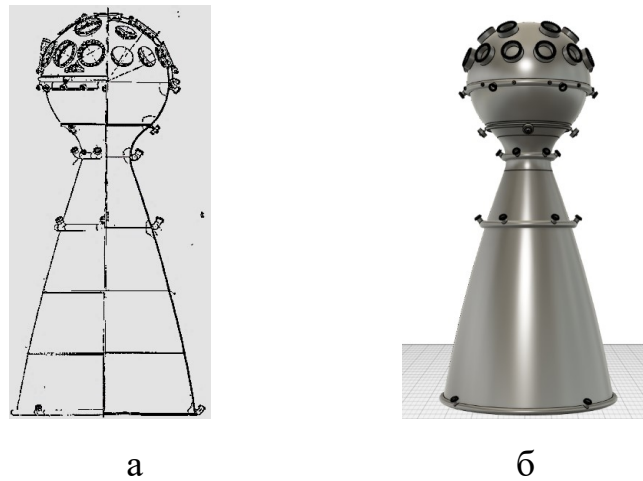


Рис. 2. Отримання моделі сопла та камери згоряння за креслеником:
а – кресленик сопла та камери згорання; *б* – готове сопло та камера згорання

Далі будуємо турбонасосний агрегат та з'єднуємо його з камерою згоряння. Для цього використовуються фотоматеріали, які розташовуються у фронтальній площині. Масштаб зображення встановлюється так, щоб при накладанні його на вже готову камеру згоряння та сопло, основні лінії збігалися. Побудову турбонасосного агрегату починаємо з його контуру (рис. 3, а), потім обертаємо його навколо осі симетрії на 360° за допомогою команди «Revolve» (рис. 3, б). На наступному кроці додаємо ребра жорсткості, що повторюють форму лопаток турбіни, гайки та шайби, точки входу та виходу палива і окислювача. Спряження деталей виконуємо за допомогою команди «Fillet». В результаті отримуємо готовий турбонасосний агрегат (рис. 3, в).

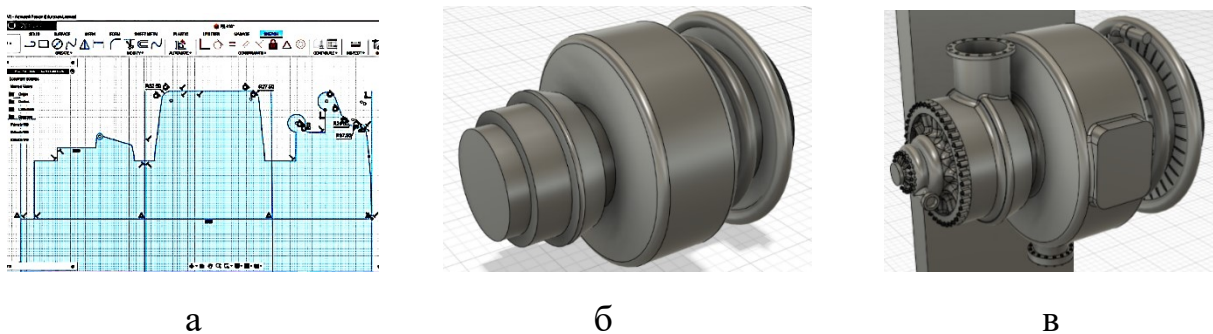
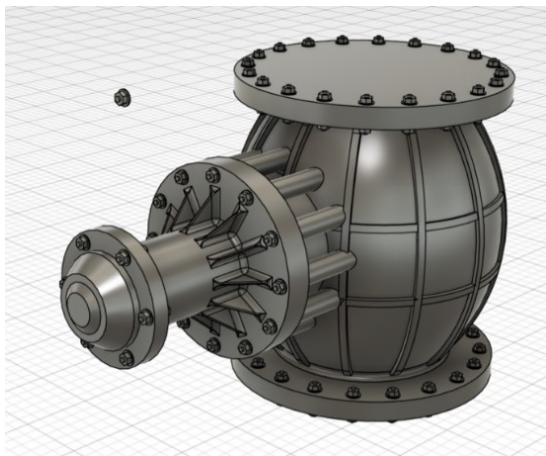


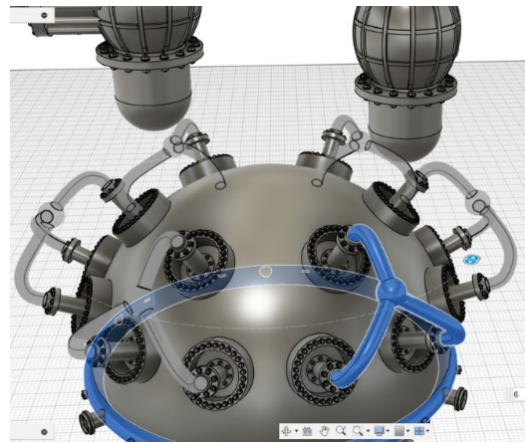
Рис.3. Послідовність отримання тривимірної моделі турбонасосного агрегату:
а – контур турбонасоса; *б* – фігура, отримана в наслідок обертання;
в – вигляд готового турбонасосного агрегату

Створення перехідних вузлів для підключення трубопроводів подачі газу і рідкого кисню починається з моделювання двох розподільних деталей (рис. 4, а). Далі ці елементи розгалужуються на 6 трубок (рис. 4, в), а ті в свою чергу на ще 3 трубки (рис. 4, б). Це забезпечує рівномірну подачу окислювача та палива до камери згоряння.

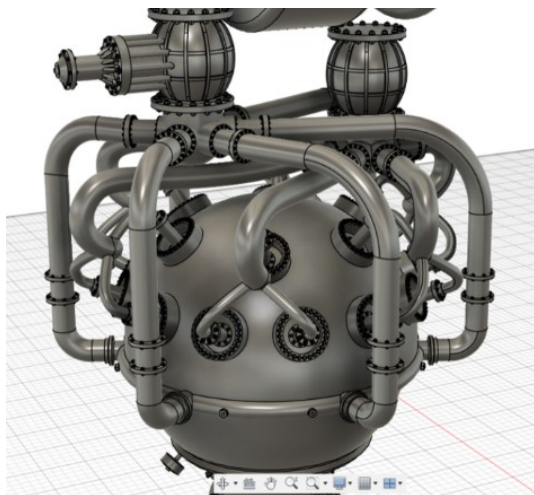
Потім здійснюється моделювання інших магістралей, які подають паливо в камеру згоряння, перед тим як вони пройдуть через простір між подвійними стінками двигуна (рис. 4, г).



а



б



в



г

Рис. 4. Створення перехідних вузлів для підключення трубопроводів:
а – розподільна деталь, до якої входить рідина з насосу; *б* – трубки, які з'єднують між собою 3 інжекторні плити; *в* – дві з'єднані розподільні деталі;
г – трубки, що пропускають паливо крізь подвійні стінки сопла

Останнім етапом створення моделі є конструювання газогенератора та балона зі стисненим повітрям, які приводять всю турбіну в рух. Встановлення каркасу жорсткості, який підтримує весь турбонасосний агрегат над камерою згоряння, та інших невеликих деталей.



Рис. 5. 3D модель двигуна, показана в різних ракурсах в середовищі Fusion 360

Висновки. У результаті виконання роботи було створено тривимірну модель реактивного двигуна (рис. 5), яка включає всі основні конструктивні елементи, необхідні для його функціонування. Поставлені завдання було успішно реалізовано: побудовано деталізовану та коректну з інженерної точки зору модель об'єкта. Розглянуто найважливіші кроки моделювання, команди та графічні зображення етапів побудови двигуна в середовищі Fusion 360. Досвід, отриманий під час створення цієї моделі є дуже корисним для студентів, що навчаються на спеціальності авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Бібліографічний список

1. Przybilski O.H. *Institute for Aerospace Engineering, Technical University Dresden*. D-01062 Dresden, F. R. Germany. [Електронний ресурс] <https://www.raketenspezialisten.de/pdf/jbisdruckvorlage.pdf>
2. Kiseleva M. *Soviet Rocket Engines* [Електронний ресурс] <https://everydayastronaut.com/soviet-rocket-engines>